

обработки (до 3 суток) по накоплению МДА (по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой) (Лукаткин, 2002).

Обнаружено, что спустя сутки после обработки гербицидом у пшеницы содержание МДА было повышено относительно контроля на 13-27 % (при концентрациях от 3 до 300 мкг/л); у ржи интенсивность ПОЛ возрастала на 4-33 %; у кукурузы величина ПОЛ понижалась на 9 % (при дозе гербицида 3 мкг/л) и повышалась на 3-32 % (при дозах 30 и 300 мкг/л); у овсяга также происходило повышение ПОЛ на 35-48 %. На вторые сутки в большинстве вариантов наблюдали повышение интенсивности ПОЛ: у пшеницы на 3-14 %, у ржи на 3-10 %, у кукурузы на 6 % (при дозе 300 мкг/л), у овсяга на 37-48 %; низкие дозы гербицида не усиливали интенсивность ПОЛ у ржи и кукурузы. На третьи сутки у всех объектов выявлено повышение ПОЛ относительно контроля во всех использованных концентрациях: у пшеницы на 14-52 %, у ржи на 17-37 %, у кукурузы на 5-31 %, у овсяга на 39-48 %. Таким образом, выявлено наиболее сильное влияние обработки гербицидом на растения овсяга и самое слабое – на кукурузу. Самое негативное действие оказала концентрация гербицида 300 мкг/л.

Исследование выполнено при поддержке Федерального агентства по образованию (АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.1/624).

Библиографический список

1. Кулинский В. И. Активные формы кислорода и оксидативная модификация макромолекул: польза, вред и защита // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 1. С. 2-7.
2. Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
3. Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М.: КДУ, 2007. 140 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСХЛОРОФИЛЬНОГО И БЕСФИТОХРОМНЫХ МУТАНТОВ ГОРОХА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РОЛИ ФИТОХРОМНОЙ СИСТЕМЫ В РЕГУЛЯЦИИ УСТЬИЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ

Г.В. Кочетова, У.Б. Баштанова

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва.

E-mail: urtica@gala.net

Использование мутантов по отдельным пигментам позволяет разделить их вклады в суммарном ответе на красный свет. Горох представляет собой удобный природный объект для таких исследований, так как не содержит минорных фитохромов (Platten et al., 2005).

Использование бесхлорофильного мутанта гороха *XL-18* позволило нам исследовать устьичный ответ в отсутствие фотосинтеза и показать обратимость устьичных движений при последовательном действии красного

(КС) и дальнего красного света (ДКС): КС вызывал открывание устьиц, а ДКС – закрывание. Это свидетельствует о прямой регуляции устьичных движений фитохромом по LFR типу ответов.

Аналогичные эксперименты с последовательным действием КС и ДКС были проведены и на зелёных растениях: диком типе «Torsdag», фитохромных мутантах *phya-1*, *phyb-5* и двойном фитохромном мутанте *phya-1 phyb-5*. Хлорофилл-зависимый ответ удалось исключить при использовании подпороговых для фотосинтеза интенсивностей света и прямом освещении нижней поверхности листа, где в основном и расположены устьица у гороха. Тот факт, что открывание устьиц наблюдалось у обоих фитохромных мутантов и не обнаруживалось у бесфитохромного мутанта, свидетельствует о том, что в ответе устьиц на КС принимают участие оба фитохрома: и А, и В. Фитохром В вызывает ответ классического LFR типа (Casal et al., 1998): в ответ на КС устьица открываются, а последующее действие ДКС обращает действие КС – устьица закрываются. Фитохром А вызывает ответ NIR типа, при котором в ответ на КС устьица открываются, и это открывание не обращается, но поддерживается ДКС. Быстрое закрывание устьиц у *Pisum* в темноте наблюдается при отсутствии как фотосинтетического аппарата, так и одного из фитохромов. То есть, по-видимому, у гороха *in vivo* происходит быстрая темновая реверсия в неактивную форму обоих фитохромов (Hennig, 2006).

Так как самым убедительным доказательством участия фитохрома А в регуляции физиологического процесса является наличие ответов FR-NIR типа, свойственных только фитохрому А (Casal et al., 1998), были исследованы устьичные ответы на ДКС, данный сразу после темновой адаптации.

Устьичный ответ на ДКС у бесхлорофильного мутанта *XL-18*, у дикого типа «Torsdag» и у мутанта *phyb-5* возрастал при увеличении длительности темновой адаптации от 6,5 ч до 13 ч, что соответствует данным о ресинтезе фотолабильного фитохрома А в темноте (Weller et al., 1995). Аналогичное освещение листьев ДКС у мутанта *phya-1* и двойного мутанта *phya-1 phyb-5* не вызывало устьичного ответа ни при короткой, ни при более длинной темновой адаптации. Следовательно, наблюдаемый ответ обусловлен только фитохромом А. Необходимо подчеркнуть, что в отличие от фитохрома В, который вызывает открывание на КС и закрывание на ДКС, фитохром А вызывает открывание как на КС, так и на ДКС. Таким образом, фоторецепторы обеспечивают сонаправленные реакции на КС и разнонаправленные на ДКС.

Работа поддержана грантом РФФИ 08-04-01453.

Библиографический список

1. Casal J.J., Sónchez R.A., Botto J.F. Modes of action of phytochromes. // J. of Exp. Bot. 1998, 49, 319, pp. 127-138.

2. Hennig L. Phytochrome degradation and dark reversion. // Photomorphogenesis in plants and bacteria, 3rd ed. Schaffer E., Nagy F. (eds.). Springer, Netherlands, 2006. P. 131-153.

3. Platten J.D., Foo E., Elliott R.C., Hecht V., Reid J.B., Weller J.L. Cryptochrome 1 contributes to blue-light sensing in pea. // Plant Physiology. 2005. 139. P. 1472-1482.

4. Weller J., Nagatani A., Kendrick R., Murfet I., Reid J. New *lv* mutants of pea are deficient in phytochrome B. // Plant Physiol. 1995. 108. P. 525-532.

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕФИЦИТЕ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ

М.А. Капиносова, Е.В. Канащ, Ю.А. Осипов

*Агрофизический научно-исследовательский институт Россельхозакадемии,
Санкт-Петербург. E-mail: mary_k111@mail.ru*

Оптические свойства листьев являются важнейшей характеристикой растений и главным образом определяются содержащимися в их тканях фотосинтетическими пигментами, зависят от структуры листа, содержания нефотосинтетических соединений и воды. Качественные и количественные изменения биохимического состава и структуры неизбежно сопровождаются изменением оптических свойств листьев, что позволяет выявлять возникновение стрессов и исследовать механизмы стрессовой реакции, устойчивости и адаптации растений с помощью не повреждающих их ткани контактных методов.

Цель работы – исследовать неразрушающими ткани листьев методами влияние дефицита минерального питания на оптические и колориметрические характеристики растений пшеницы в период различных стадий онтогенеза.

Растения яровой пшеницы сорта Ленинградская 97 исследовались в зависимости от возраста листьев, стадии развития растений и режима минерального питания (полная питательная смесь Кнопа (контроль); питательный раствор без азота; питательный раствор без фосфора и питательный раствор без калия). Каждый вариант включал по 30 растений.

Измерение оптических характеристик производили с помощью миниатюрной оптоволоконной спектрометрической системы фирмы Ocean Optics (США). По полученным спектрам отражения рассчитывали различные индексы отражения (хлорофилла, каротиноидов, антоцианов, флавонолов, фотохимической активности и др.), по которым определяли активность фотосинтетического аппарата и выявляли возникновение стресса – дефицита минерального питания. Для описания колориметрических характеристик применяли Международную трехмерную цветовую модель CIE $L^*a^*b^*$. В соответствии с этой моделью L^* меняется от 0 (черный) до 100 (белый) и характеризует яркость цвета, по оси a^* происходит изменение цвета от красного к зеленому, по оси b^* – от синего к желтому.

Дефицит азота и калия привел к резкому уменьшению емкости фотосинтетического аппарата, как вследствие формирования меньшей